

Gilliat Sumner Hand: Intrinsic waist bij klassiek neurogeen thoracic outlet syndroom

Elske Bonhof-Jansen*, Martijn Malessy** en Kees de Boer***

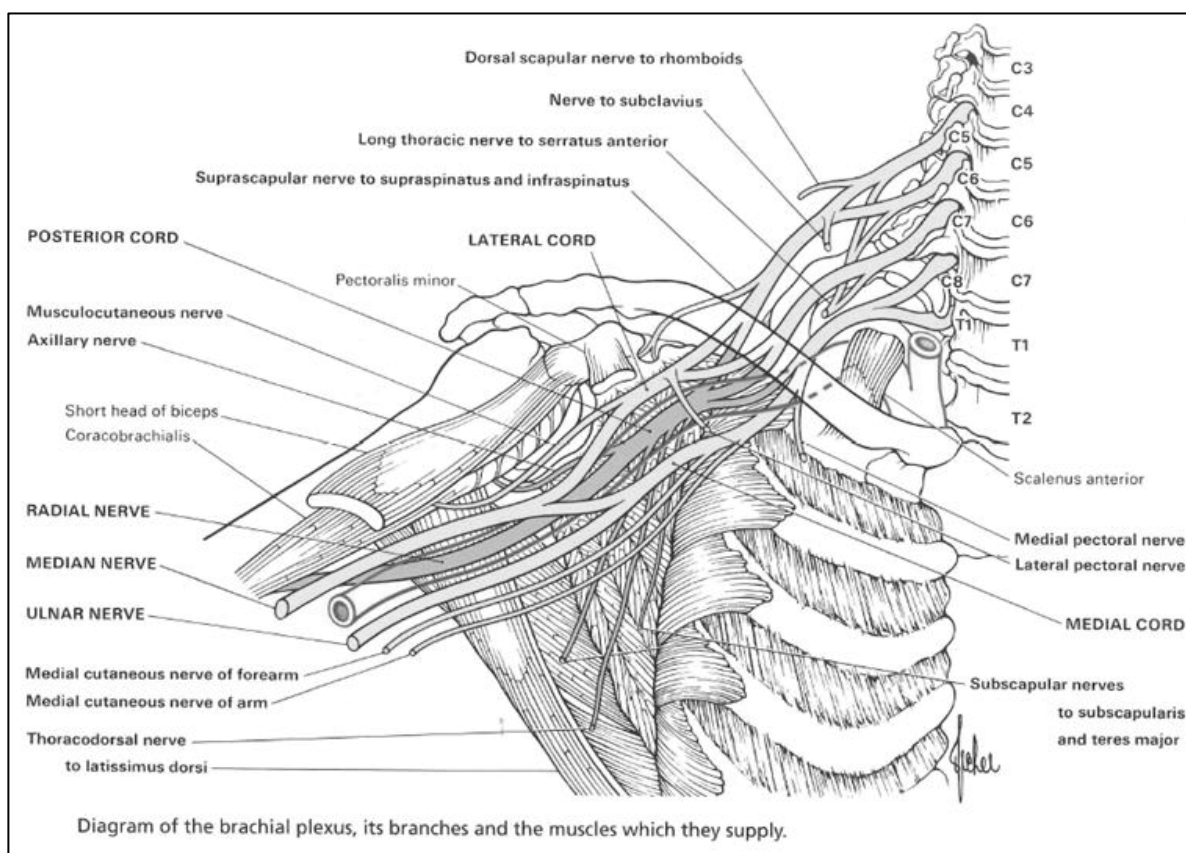
Inleiding

Wekelijks worden er bij de multidisciplinaire polikliniek 'Perifeer zenuwletsel' van het LUMC in Leiden volwassenen en kinderen uit het hele land met diverse vormen van perifeer zenuwletsel gezien. Hieronder ook thoracic outlet syndroom (neurovasculair compressiesyndroom waarbij elementen van de plexus brachialis in het nek-schoudergebied bekned raken; hierna benoemd als TOS), meestal van neurogene aard veroorzaakt door een halsrib of -streng. Dit artikel gaat over de klassieke neurogene TOS met als gevolg de Gilliat Sumner hand. Doel van dit schrijven is bekendheid geven aan dit fenomeen wat in de meeste gevallen pas in een laat stadium herkend wordt en dan een, voor de geatrofieerde hand-musculatuur, irreversibele vorm heeft aangenomen.

Het eerste deel beschrijft de anatomie van de plexus brachialis gevolgd door een uiteenzetting van de oorzaken van TOS aangevuld met bevindingen uit literatuuronderzoek. Symptomen en diagnostiek komen achtereenvolgens aan bod evenals de behandeling met de behaalde resultaten.

Anatomie van de plexus brachialis

In figuur 1 is te zien dat de spinale zenuwen C5 tot Th1 ontstaan als radix ventralis en dorsalis vanuit het ruggenmerg en naar lateraal uit treden door de dura mater. De radices vormen de spinale zenuwen die door hun respectievelijke foraminae het wervelkanaal verlaten. Na het spinale ganglion kunnen er rami dorsales en ventralis worden onderscheiden. Na het spinale ganglion



Figuur 1. Anatomie van de plexus brachialis waarbij het verloop van de zenuwbundel te zien is (uit: *Aids to the examination of the peripheral nervous system, 4th.ed. Elsevier 2000 met toestemming van The Guarantors of Brain*).

komen de rami ventralis samen om de bovenste (C5-C6), middelste (C7) en onderste (C8-Th1) truncus te vormen van de plexus brachialis. Deze liggen tussen de m. scalenus anterior en medius en boven de clavicula. De twee scalenuspijeren en de eerste rib vormen de scalenuspoorten met als onderste begrenzing de eerste rib. Dit is de meest voorkomende plaats van waaruit het thoracic outlet syndroom ontstaat. De a.subclavia loopt samen met de truncus inferior door de achterste scalenuspoort vlak langs de eerste rib waar de arterie voor de m. scalenus anterior langs loopt. De clavicula en de eerste rib vormen samen ook een locatie waar compressie kan plaatsvinden. Dorsaal van de clavicula vertakken de trunci zich in drie voorste en drie achterste divisies om in de okselholte, dorsaal van de m. pectoralis minor, als fasciculi verder te gaan. De fasciculi eindigen vervolgens in de afzonderlijke perifere zenuwen (Atlas van de anatomie, Prometheus).

Thoracic outlet syndroom

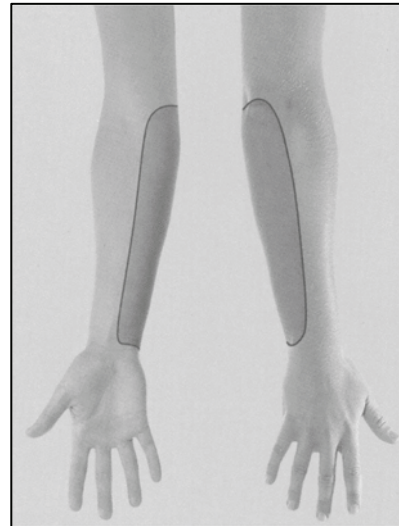
Klachten kunnen veroorzaakt worden door in-klemming van a. of v. subclavia en plexus brachialis elementen. Er wordt onderscheid gemaakt in vasculaire- en of neurogene TOS. Bij de neurogene TOS kan weer onderscheid gemaakt worden in 'true neurogenic TOS' en 'disputed of aspecific TOS'. Voor het leesgemak zijn deze termen voor dit artikel vertaald als klassieke en aspecifieke TOS. Beschrijving van de vasculaire TOS en de aspecifieke neurogene TOS vallen buiten het doel van dit artikel. De neurogene TOS is het meest voorkomend. Ongeveer 80% van de TOS is van neurogene aard en slechts 1% hiervan betreft het klassieke beeld.

De klassieke NTOS is een compressie neuropathie van de truncus inferior (C8-Th1) van de plexus brachialis ten gevolge van (benige) anatomische variaties. Congenitale anatomische variaties kunnen de scalenuspoort verkleinen zoals een vergrootte processus transversus van C7 of een cervicale rib. Ook komen weke delen variaties voor zoals een cervicale fasciaband die een entrapment kunnen veroorzaken (Tender et al, 2004). Bij veel incomplete cervicale ribben is een strakke fasciaband aanwezig die van de cervicale rib naar de eerste rib loopt en de poort met de middelste scalenus verkleint waardoor de plexus passeert. Een halsstreng is een aanleg in de embryologie die zich niet verder ontwikkelt tot halsrib. Cervicale ribben komen bij 1% van de bevolking voor en hiervan is 70% vrouw (Sanders et al, 2007). De compressie op de truncus inferior veroorzaakt een neuropathie die bij lang bestaan in een axontmesis verandert, het axon raakt beschadigd maar de myelineschede blijft intact.

Symptomen

Zeldzaam is de typische Gilliatt Sumner hand die als gevolg van een langer bestaande klassieke

NTOS optreedt. Gilliatt et al (1970) gaven hun naam aan deze aandoening, zij beschreven als eerste de karakteristieke verschijnselen van klassieke NTOS namelijk: zwakte en/of atrofie van alle door C8-Th1 geïnnerveerde musculatuur (APB, OP, FPB, Lumbricales, AbDM, FDM, interosseï, AdP, . ADM, FDM, ODM) met hypesthesie van de n. cutaneus antebrachii medialis (zie



Figuur 2. Huidgebied verzorgd door de n.cutaneus antebrachie medialis (uit: Aids to the examination of the peripheral nervous system, 4th.ed. Elsevier 2000 met toestemming van The Guarantors of Brain).

figuur 2).

Sensibiliteitsveranderingen van de ulnaire zijde van de onderarm in het verzorgingsgebied van de n. medialis cutaneus antebrachii zijn typerend. Hierdoor rapporteren patiënten klachten van een doof gevoel in het volaire, ulnaire deel van de onderarm, subtiele veranderingen van/in de hand, stijfheid, onhandigheid, dingen uit handen laten vallen en krachtsverlies. Sommige patiënten beschrijven diffuse pijn in de arm. Atrofie van intrinsieke handmusculatuur is waar te nemen waarbij de laterale thenarmusculatuur als eerste uitvalt (APB/OP) (zie figuur 3). Hiervoor is in de literatuur geen verklaring te vinden. Mogelijke verklaringen zijn de afstand van de plexus naar deze spieren die topografisch de langste is waardoor er eerder partiële denervatie kan optreden. Een mogelijke andere oorzaak hiervoor zou kunnen zijn dat dit relatief kleine spieren zijn zonder compensatiemogelijkheden. De APL is een synergist van de APB en het inschakelen van de APL zou een zwakte van APB kunnen compenseren dan wel maskeren. Maar het wordt wel moeilijker bij uitval van zowel de OP en de APB om beide functies over te nemen. Ook is niet uit te sluiten dat een selectief deel van de plexus behorend bij de OP en APB gevoeliger is voor compressie of meer compressie krijgt waardoor deze meer zijn aangedaan dan de andere musculatuur.

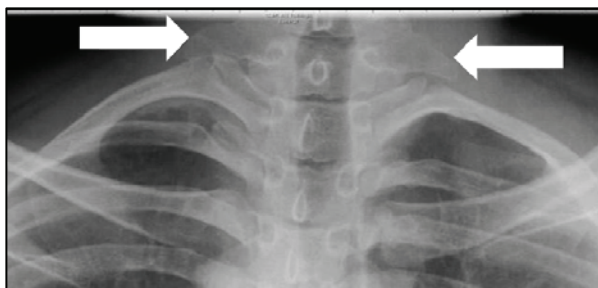
Gilliatt et al (1970) beschrijven in hun casuïstiek dat in zeven van de negen gevallen pijn als eerste verschijnsel optrad en dat er geen sprake is van extensorenzwakte en zelden zwakte van flexoren. Dit kan verklaard worden vanuit de het feit dat deze musculatuur door meerdere wortels geïnnerveerd wordt die buiten het compressiegebied vallen. De verschijnselen zijn vaak unilateraal hoewel er bij radiologisch onderzoek wel sprake kan zijn van een bilaterale halsrib of streng. De compressie is vaak al enige tot lange tijd aanwezig voordat patiënten het opmerken, actie ondernemen of het herkend wordt door een arts of therapeut.

Dikwijls worden de klachten geïnterpreteerd als cervicale radiculopathie, een lage n. ulnariscompressie of carpaal tunnelsyndroom en zijn patiënten vaak lange tijd zoekende totdat de juiste diagnose wordt gesteld. Hierdoor zien we patiënten in een laat stadium waarbij de intrinsic waist al zichtbaar is. Veelal betreffen het jonge, slanke adolescenten (meestal vrouwen) die na het doormaken van een groeispurt een veranderde anatomie hebben van de structuren die de thoracic outlet vormen. Een compressie op de truncus inferior van de plexus brachialis veroorzaakt hierbij uitvalsverschijnselen in dit gebied. De ervaren beperkingen zijn minder controle over de hand, dingen uit de hand laten vallen, snellere vermoeidheid en soms kramp van de hand gepaard gaande met krachtsvermindering. Dit levert problemen

op met fijn motorische handelingen zoals schrijven, knopen dichtmaken en potten openen.

Diagnostiek

De diagnose wordt gesteld aan de hand van klinische bevindingen aangevuld met röntgenfoto's en eventueel MRI en EMG. Bij inspectie vindt men atrofie van de thenar en hypothenar waarbij de m. opponens pollicis (OP) en de m. abductor pollicis brevis (APB) vaak als eerste zijn aangedaan. Bij lichamelijk onderzoek is er veelal hypesthesie van de n. cutaneus antebrachii medialis, atrofie en krachtsverlies van de intrinsieke musculatuur, een positief teken van Froment en soms een positief teken van Wartenberg. Een halsrib of een vergrote processus transversus kan zichtbaar gemaakt worden door middel van röntgenfoto's. Een fibreuze halsstreng echter niet en wordt daarom vaak gemist. Halsribben kunnen aanwezig zijn zonder klachten terwijl aan de contralaterale zijde



Figuur 4. Bilaterale halsrib



Figuur 3 a en b: Gilliatt Sumner hand rechts met duidelijk zichtbare atrofie van o.a. de APB en OP palmair en interosseï dorsaal. Foto: E. Bonhoff.

een streng kan leiden tot NTOS. Een fibreuze halsstreng kan op MRI aangetoond worden maar wordt vaak niet als zodanig herkend.

Uitgesloten moet worden een compressie van de n. ulnaris in de tunnel van Gyon, waarbij geen sensibele stoornissen in de n. cutaneus antebrachii medialis ontstaan. Ook cubitale ulnaropathie, waarbij alleen de door het n. ulnaris geïnnerveerde huidgebied en musculatuur worden aangedaan, moet worden uitgesloten. Subtiële EMG veranderingen zijn te vinden in het beginstadium van NTOS. EMG laat zien dat de n. ulnaris intact is bij elleboog en pols en dat de oorzaak van de klachten dus proximaler gezocht moet worden. Hierbij worden de klinische bevindingen bevestigd.

Compressie rond of distaal van de elleboog geeft typische ulnarisuitval in de vorm van een klauwhand waar de klassieke NTOS dit niet geeft. Een mogelijke oorzaak hiervoor is dat er bij klassieke NTOS geen complete uitval is maar geleidelijke, partiële uitval. Pas indien de kracht minder dan MRC 3 is, is het risico op het ontstaan van een klauwhand en contracturen groter. Met een MRC kracht 3 hebben de vingers nog de mogelijkheid om te extenderen. De sensibiliteit in het n. medianus gebied is normaal aangezien deze door C6-C7; de spinale zenuwen van de bovenste truncus, aangestuurd worden.

Behandeling

Yang et al (1996) beschrijven dat wanneer kinderen/adolescenten de provocerende momenten vermijden en houdingscorrectie met oefeningen ter krachtsverbetering van de schoudergordel krijgen, de klachten in de tijd kunnen verminderen. Vaak is dit het geval bij afwezigheid van een extra rib. Door de aanwezigheid van een halsrib/streng kan conservatieve therapie bij de klassieke NTOS geen verbetering brengen. Bij progressieve neurologische uitval of als conservatieve therapie geen effect heeft en de beperkingen blijven bestaan is chirurgisch ingrijpen geïndiceerd. Chirurgische behandeling van de patiënten met intrinsic waist ten gevolge van klassieke NTOS bestaat uit decompressie van het onderste deel van de plexus door middel van resectie van de halsrib of -streng. Indicatie voor operatie is niet de pijn maar opheffen van de compressie op de truncus inferior om verdere denervatie en daarmee beperkingen te voorkomen. Vaak worden de patiënten te laat ingestuurd en is er sprake van lang bestaande uitval (zie tabel 1). Hoe sneller de diagnose kan worden gesteld hoe minder de atrofie met dus een betere prognose.

Casuïstiek

In het Leids Universitair Medisch Centrum (LUMC) zijn in 2008 en de eerste vier maanden van 2009 zes patiënten met een Gilliat Sumner Hand middels een halsrib/strengresectie geopereerd door de neurochirurgen. Alle zes beschreven patiënten hebben een operatie ondergaan waarbij de halsrib of -streng verwijderd is. In april 2009 hebben zij de DASH-DLV toegestuurd gekregen tezamen met een vragenlijst waarin specifieke vragen over pijn en kracht moesten worden beantwoord. Eén patiënt heeft de vragenlijst niet teruggestuurd en één patiënt heeft de vragenlijst pre-operatief ingevuld. Vanwege het retrospectie-

ve karakter van het onderzoek varieert de tijd tussen operatie en beantwoorden van de vragenlijst van 1 maand tot 9 maanden.

Van de zes patiënten zijn er vijf vrouw, de jongste patiënt heeft een leeftijd van 18 jaar en de oudste patiënt is 38 jaar. Allemaal hebben ze klachten aan de dominante arm en atrofie en krachtsvermindering van de (hypo)thenar. Twee van de zes patiënten hebben een halsrib, bij de andere vier is een halsstreng vastgesteld. De klachtenduur varieert van één tot vijf jaar en één patiënt heeft al veertien jaren verschillende symptomen die uiteindelijk een NTOS bleken te zijn.

Resultaten DASH

Bij vijf mensen is de pijn postoperatief verdwenen maar bij geen van de patiënten is er krachtsverbetering opgetreden. Vier van de zes mensen ervaren in het dagelijks leven beperkingen ten gevolge van hun aandoening (zie tabel 2). Uit de antwoorden die in de vragenlijsten gegeven werden blijkt dat twee van de zes patiënten zich minder bekwaam, onzekerder of minder nuttig voelen ten gevolge van het handprobleem. Ze voelen zich allen in meer of mindere mate beperkt in werk of dagelijkse bezigheden. Alle patiënten hebben matig tot ernstige problemen met schrijven, openen van potten, openen van zware deuren, tillen van zware voorwerpen en matige problemen met de zwaardere (huishoudelijke) activiteiten zoals vloeren boenen, in de tuin werken of bed opmaken. Twee mensen hebben een andere opleiding dan wel studierichting gekozen, één is ten tijde van het invullen van de vragenlijst bezig met re-integratie, één zit in de ziektewet in afwachting van de operatie en twee mensen vervolgen hun studie en beroep. Twee mensen hebben zwemmen als hobby en ondervinden hier problemen mee.

Het is onduidelijk of er een relatie is tussen be-

Tabel 1. Behandelde patiënten. Opmerkelijk is de lange tijd tussen ontstaan van de klachten en de operatie.

| M/V | Leeftijd | Klachten | Delay tussen ontstaan klachten en operatie (in jaren) |
|-----|----------|--|---|
| M | 22 | Atrofie hand Beperking in fijne motorische taken | 3 |
| V | 18 | Dunnere hand, krampen, sneller vermoeid, pijn elleboog bij activiteit | 5 |
| V | 24 | Beperkt bij autorijden/tillen/slapen. Atrofie thenar/minder kracht/ kromstand vingers. Pijn/kloppend gevoel onderarm | 13 |
| V | 18 | Thenaratrofie Ook blauw-rood verkleuringen bij koude Pijn na inspanning | 1 |
| V | 34 | (hypo)thenaratrofie, schrijven bemoeilijkt, minder kracht hypesthesie onderarm ulnaire zijde | 2 |
| V | 37 | Atrofie thenar Pijn | 2 |

roep, hobby's of sport (bv. zwemmen) als trigger op het ontstaan van de klachten. De mogelijke trigger zouden repeterende handelingen kunnen zijn of veelvuldig werken boven schouderhoogte.

Behandelresultaten

Waar de axontmesis normaliter een goede prognose heeft is herstel in een laat stadium waarbij de klachten langdurig bestaan moeilijker. Langdurige compressie geeft een slechtere prognose tot herstel. Omdat de afstand van de compressie c.q. axonale schade (ter hoogte van de truncus inferior) tot het eindorgaan (de handmusculatuur) groot is treedt er in de tussentijd verdere denervatie op. Schreuders (2004) onderzocht het herstel van de intrinsieke musculatuur na perifeer zenuwletsel (distaal van het ellebooggewricht). Hieruit blijkt dat herstel van de intrinsieken nooit volledig is. Hieronder volgt een opsomming van de behandelresultaten bij klassieke NTOS die beschreven worden in de literatuur.

In het onderzoek bij zeven klassieke NTOS patiënten van Colli et al (2006) wordt gemeld dat alle patiënten postoperatief hypotrofie en mediale onderarm hypesthesie hebben met blijvende zwakte van de hand. Bij de laatste follow-up (gemiddeld tien jaar na operatie) hebben zes mensen nog lichte tot matige beperkingen van de handfunctie en 71 % doet nog hetzelfde werk maar met beperkingen.

Tender et al (2004) hebben alle (N=33) patiënten met klassieke NTOS die behandeld zijn tussen 1977 en 2001 in hun kliniek retrospectief geëvalueerd en rapporteren dat na decompressie van de plexus de atrofie en zwakte van de hand niet toenemen, dat er wel enig motorisch herstel kan

plaatsvinden maar dat dit zelden volledig zal zijn. Gilliatt et al (1970) concluderen dat bij de 5 patiënten die ze na 5 jaar postoperatief onderzoeken er geen verbetering van de handmusculatuur is opgetreden.

In de samenvatting van het onderzoek van Le Forestier et al (2000) worden zeven patiënten beschreven, allen vrouwelijk en behandeld middels een halsrib/strengresectie. Pijn verdween binnen een tot vier weken maar na een jaar was er maar minimaal motorisch herstel opgetreden. Ook Hug et al (2006) komen met deze bevindingen bij zeven patiënten: noch reïnnervatie noch progressieve denervatie was zichtbaar na een follow-up periode van gemiddeld vijf jaar. De behandelresultaten uit de literatuur tonen sterke overeenkomsten met de postoperatieve bevindingen van de casuïstiek.

Therapie

Revalidatie bij deze aandoening is niet beschreven. De patiënten uit de casuïstiek hebben op één na geen postoperatieve behandeling gehad. Gezien de resultaten die uit het literatuuronderzoek komen is het maar de vraag of het uiteindelijke motorische herstel beïnvloedbaar is. Eventuele aandachtspunten voor therapie kunnen gehaald worden uit de behandeling van perifeer beschadigde zenuwen:

- optimaliseren van omstandigheden voor eventueel herstel
- voorkómen van secundaire veranderingen op spier, pees en gewrichtsniveau
- advies ten aanzien van belasting in ADL, huishouden, hobby's en werk
- advies ten aanzien van werkhervatting

Tabel 2. Postoperatieve resultaten DASH score per onderdeel: 0 – geen beperkingen, 100 – ernstige beperkingen, X – niet ingevuld

| M/V | Leef-tijd | Tijd tussen OK en DASH-DLV | Post OK Pijn minder | Post –OK kracht beter | Beroep | Werkhervatting | DASH score A - algemeen W- werk S - sport |
|-----|-----------|----------------------------|---------------------|-----------------------|----------------|----------------------------------|--|
| M | 22 | 1 maand | Ja | Nee | Student | Andere studierichting Gekozen | A 20 W 12,5 S 0 |
| V | 18 | X | Ja | Nee | Student | Ja, met enige beperkingen | X |
| V | 24 | 12 maanden | Ja | Nee | Administratief | Ja | A 31,66 W 6,25 S 50 |
| V | 18 | 5 maanden | Ja | Nee | Dienstverlener | Andere studierichting Gekozen | A 55,17 S 12,5 W X |
| V | 34 | 4 maanden | Ja | Nee | Dienstverlener | Reïntegratie gaande | A 35,83 S X W 50 |
| V | 37 | Pre-OK | - | - | Zorgverlener | Ziektewet pre-OK | A 74,16 S X W 100 |

Aanbevelingen

Vanwege de landelijke functie die de polikliniek perifeer zenuwletsel heeft was het niet mogelijk om alle patiënten retrospectief op te roepen voor metingen en behandeling. Interessant voor een vervolgonderzoek zou zijn om de patiënten gedurende langere tijd te vervolgen en pre- en postoperatief metingen te doen in combinatie met een periode handtherapie zodat er onderzocht kan worden of er sprake is van een 'learned disuse' bij de patiënten, waarmee er misschien nog verbetermogelijkheden te behalen zijn.

Conclusie

Klassieke neurogene TOS met als gevolg een Gilliatt Sumner hand is een zeldzaam beeld wat veelal als zodanig laat wordt gediagnosticeerd. Dit heeft als gevolg dat indien er chirurgische decompressie plaatsvindt de axontmesis al zo lang aanwezig is dat de intrinsieke handmusculatuur gedenerveerd en gefibroseerd is waardoor na een operatie functieherstel niet optreedt. Daarnaast speelt de slechte herstelmogelijkheid van de intrinsieke musculatuur ook een rol. Een vroegtijdige herkenning en interventie kan echter zorgen voor behoud van handfunctie en verdere beperkingen voorkómen.

Literatuur

- Aids to the examination of the peripheral nervous system, fourth edition. Elsevier
- Almeida Diogo Fraxino de, Meyer Richard D en Oh Shin J (2007), True neurogenic thoracic outlet syndrome in a competitive swimmer: a case report of this rare association. *Arq. Neuropsiquiatry* 2007; 65(4-B):1245-1248
- Anatomische atlas Prometheus, algemene anatomie en bewegingsapparaat. Bohn Stafleu van Loghum (2005)
- Basiscursus revalidatiegeneeskunde, Plexus brachialis letsel en letsels van perifere zenuwen. Boerhaave cursus 2008
- Chang, David C, Rotelline-Coltvet, Lisa A, Mukherjee, Debraj, De leon, Ricardo, Freischlag, Julie A (2009), Surgical intervention for thoracic outlet syndrome improves patients quality of life. *Journal of vascular surgery* 2009 volume 49 number 3 630-637
- Colli, Benedicto Oscar, Carlotti J, Carlos Gilberto, Assirati Jr, Joao alberto, Marques Jr Wilson (2006), Neurogenic thoracic outlet syndromes: a comparison of true and nonspecific syndromes after surgical treatment. *Surgical neurology* 65 (2006) 262-272
- Degeorges, Reynaud, Renaud, Catherine, Becquemin, Jean-Pierre (2004), Thoracic outlet syndrome surgery: long term functional results. *Annals of vascular surgery* 2004; 18:558-565
- Dell, Paul C, Sforzo, Christopher R (2005), Ulnar intrinsic anatomy and dysfunction. *Journal of hand*

- Therapy* 2005; april-june 2005: 198-207
- Gilliatt RW, Le Quesne, Pamela M, Logue, Valentine, Sumner, AJ (1970), Wasting of the hand associated with a cervical rib or band. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1970;33 (5):615-624
- Huang, Jason H, Zager, Eric L (2004), Thoracic outlet syndrome. *Neurosurgery*, volume 55, number 4, october 2004; 897-903
- Hug U, Jung FJ, Guggenheim M, Wedler V, Künzi W, (2006), True neurologic thoracic outlet syndrome – anatomical features and electrophysiological long-term follow-up of lateral thenar atrophy *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.* 2006 Feb; 38 (1):42-5 (Volledige artikel niet beschikbaar, Artikel in Duits, alleen de Engelse samenvatting gebruikt).
- Le Forestier N, Mouton P, Maisonobe T, Fournier E, Moulonquet A, Willer JC, Bouche P (2000), True neurological thoracic outlet syndrome. *Rev. Neurol. (Paris)* 2000 Jan; 156(1):34-40 (Volledige artikel niet beschikbaar, Artikel in Frans, alleen de Engelse samenvatting gebruikt)
- Meerwijk GM van: Het thoracic outlet syndroom, een inleiding tot fundamenteel onderzoek. *Jaarboek Fysiotherapie* 1994, 229-251
- Sanders RJ, Hammond, Sharon L (2002), Management of cervical ribs and anomalous first ribs causing neurogenic thoracic outlet syndrome. *Journal of Vascular surgery*, July 2002
- Sanders RJ, Hammond, Sharon L, Rao, Neal M (2008), Thoracic Outlet Syndrome: a review. *The neurologist* volume 14, number 6, November 2008
- Sanders RJ, Hammond, Sharon L, Rao, Neal M (2007), Diagnosis of thoracic outlet syndrome, *Clinical update. Journal of vascular surgery* sept 2007 601-604
- Schreuders TAR (2004), Muscle Strength measurements of the hand. PhD Thesis
- Schreuders TAR, Brandsma JW, Stam, HJ (2006), The intrinsic muscles of the hand; function, assessment and principles for therapeutic intervention. *Phys. Med. Rehab. Kuror* 2006; 16:1-9
- Tender GC, Thomas, Ajith J, Thomas, Najeeb, Kline, David G (2004), Gilliatt Sumner hand revisited: a 25 year experience. *Neurosurgery*, volume 55, number 4, october 2004, 883-890
- Yang J, Letts M (1996), Thoracic outlet syndrome in children. *Journal of pediatric Orthopedics*, volume 16(4), july/august 1996, 514-517.

* *Elske Bonhof-Jansen, fysiotherapeut/ergotherapeut/ handtherapeut. Tot 1 juli 2009 verbonden aan de polikliniek 'Perifeer zenuwletsel' van het LUMC en het Rijnlands Revalidatiecentrum in Leiden en daarna werkzaam bij de Isala klinieken in Zwolle.*

Email: bonhof1@xs4all.nl

** *Dr. Martijn Malessy, neurochirurg, LUMC Leiden*

*** *Dr. Kees de Boer, revalidatie-arts LUMC/ Rijnlands Revalidatiecentrum Leiden*
Beiden verbonden aan de polikliniek perifeer zenuwletsel/plexus werkgroep van het LUMC